



# TERRE CUITE ET CONSTRUCTION

3/2011



**Aura**

# TECHNIQUE

## Calcul de maçonnerie non armée soumise à des charges verticales

Dans le précédent numéro de notre revue, nous avons abordé de façon générale les “exigences techniques pour la conception, le calcul et la mise en oeuvre de la maçonnerie - Eurocodes 6,8 et STS 22”. Nous nous penchons cette fois sur la façon d’obtenir la valeur de calcul ( $N_{rd}$ ) de la résistance verticale d’un mur en maçonnerie pour ensuite pouvoir vérifier ce mur soumis à des charges verticales.

L’Eurocode 6 donne deux méthodes pour calculer un mur en maçonnerie soumis à des sollicitations normales : une méthode élaborée selon le chapitre 6 et l’annexe C de NBN EN 1996-1-1 (+ANB)

- une méthode simplifiée selon le chapitre 4 de la NBN EN 1996-3 (+ANB)
- une méthode simplifiée ne peut être appliquée que sous certaines conditions.

Pour obtenir le calcul de la résistance à la compression  $f_d$  d’un mur en maçonnerie, il faut d’abord déterminer les propriétés du matériau. A ce sujet, il est important de préciser que les calculs de l’Eurocode 6 considèrent que le mur de maçonnerie est construit en éléments de maçonnerie qui satis-

font aux normes de produits de la série NBN EN 771 et pour lesquels la résistance à la compression est déterminée selon la méthode d’essai pour les éléments de maçonnerie, c’est-à-dire la NBN EN 772-1.

La résistance caractéristique à la compression de la maçonnerie  $f_k$  est une propriété du “matériau composé” qu’est la maçonnerie. Selon la NBN EN 1996-1-1 (+ANB), cette résistance caractéristique peut être déterminée de deux manières:

- la méthode directe en réalisant des essais de compression sur murets cf. NBN EN 1052-1
- la méthode indirecte appliquant des formules dans lesquelles on introduit la résistance des matériaux composants: briques et mortier.

C’est cette dernière méthode qui est expliquée ci-après.

### Résistance à la compression de briques de maçonnerie: $f_b$

Dans le cadre du marquage CE, le fabricant de briques de maçonnerie doit déclarer la résistance moyenne à la compression  $f_{mean}$ , ainsi que la catégorie à laquelle appartiennent les briques.

La norme de produit NBN EN 771-1

distingue deux catégories de briques : Briques de catégorie I: sont des briques pour lesquelles le fabricant déclare la résistance à la compression avec un niveau de confiance de 95%. Briques de catégorie II: sont des briques qui ne satisfont pas aux exigences de confiance ci-dessus en ce qui concerne la résistance à la compression.

La résistance d’une brique est déterminée en réalisant des essais de compression selon la NBN EN 772-1. En tenant compte du niveau de confiance déclaré, ces résultats servent de base au calcul de la valeur moyenne.

Si les briques sont destinées à être utilisées pour une maçonnerie portante calculée, la résistance normalisée  $f_b$  sera également donnée ou le lien vers les informations utiles pour la calculer sera renseigné. Attention, le facteur de forme par lequel  $f_{mean}$  doit être multiplié est défini dans le tableau 3.9 de l’annexe nationale ANB NBN EN 1996-1-1.

Le tableau 3.1 de la NBN EN 1996-1-1 répartit les briques en groupes, en fonction du nombre et de la grandeur des perforations (groupe 1,2,3,4). Les

briques de parement appartiennent au groupe 1 tandis que les briques belges perforées pour murs intérieurs (blocs treillis) appartiennent au groupe 2 ou au groupe 3. Il est utile que le fabricant renseigne soit à quel groupe appartiennent ses produits soit la configuration complète afin que l'auteur de projet puisse, dans ce dernier cas, déduire le groupe d'appartenance. Le calcul de la résistance moyenne normalisée à la compression des briques de maçonnerie se fait en utilisant la formule suivante :

$$f_b = f_{\text{mean}} \cdot \delta \cdot \delta_c$$

où

$f_b$  résistance moyenne normalisée à la compression

$f_{\text{mean}}$  résistance moyenne à la compression déclarée par le fabricant

$\delta$  le facteur de forme tel que défini dans la NBN EN 772-1 et comme on peut le retrouver dans le tableau 3.9 de la ANB NBN 1996-1-1 en fonction des dimensions de la brique.

Tableau 3.9 ANB NBN EN 1996-1-1

Hauteur (mm)	Plus petite dimension horizontale (mm)				
	50	100	150	200	≥250
40	0.80	0.70	-	-	-
50	0.85	0.75	0.70	-	-
65	0.95	0.85	0.75	0.70	0.65
100	1.15	1.00	0.90	0.80	0.75
150	1.30	1.20	1.10	1.00	0.95
200	1.45	1.35	1.25	1.15	1.10
≥250	1.55	1.45	1.35	1.25	1.15

Ces facteurs sont définis au niveau national et peuvent donc être différents dans les Etats-Membres européens.

$\delta_c$  le facteur de conditionnement tel que défini dans la NBN EN 772-1. Pour les briques de maçonnerie,  $\delta_c$  vaut 1 puisque la valeur déclarée selon la NBN EN 771-1 vaut pour des échantillons séchés à l'air.

#### Résistance à la compression du mortier: $f_m$

Le mortier doit satisfaire aux exigences décrites dans la norme produit NBN EN 998-2.

La résistance à la compression du mortier est déterminée au moyen de la NBN EN 1015-11. On retrouve la valeur de cette résistance dans la dénomination du mortier. Un mortier Mx (M20, M12, M8, M5, M2.5) a une résistance moyenne à la compression de x N/mm<sup>2</sup>.

Le tableau 3.7-ANB NBN EN 1996-1-1 fournit l'information non-normative quant aux différents mortiers et à l'adéquation de la résistance des briques à la résistance du mortier.

#### Résistance de la maçonnerie: $f_k$

$$f_k = K \cdot f_b^\alpha \cdot f_m^\beta$$

où

$f_k$  résistance caractéristique à la compression de la maçonnerie, exprimée en N/mm<sup>2</sup>

$K$  constante qui dépend du type d'élément de maçonnerie et son appartenance à un groupe ainsi que du type de mortier. On opère une distinction entre "mortier d'usage courant" et "mortier-colle". Le mortier-colle est utilisé pour un joint d'assise d'une épaisseur comprise entre 0,5 et 3 mm.  $\alpha$  et  $\beta$  exposants qui ne dépendent que du type de mortier. Pour un mortier-colle,  $\beta$  vaut toujours 0 (la résistance du mortier-colle n'influence pas la résistance de la maçonnerie). Pour un mortier d'usage courant  $\alpha=0.65$  en  $\beta=0.25$ .

Tableau 3.7 ANB NBN EN 1996-1-1

Mortier		Éléments de maçonnerie
Dénomination européenne	Résistance moyenne à la compression $f_m$ (N/mm <sup>2</sup> )	Résistance moyenne normalisée à la compression $f_b$ (N/mm <sup>2</sup> )
M20	20	> 20
M12	12	$12 \leq f_b \leq 48$
M8	8	$8 \leq f_b \leq 32$
M5	5	$5 \leq f_b \leq 20$
M2.5	2.5	$2.5 \leq f_b \leq 10$

Attention : la dénomination du mortier selon l'ancienne norme belge (M1, M2, ...) ne s'applique plus.

Un aperçu des valeurs de  $K$ ,  $\alpha$  en  $\beta$  est repris dans le tableau 3.8 de l'annexe nationale ANB NBN EN 1996-3.

### Résistance à la compression de la maçonnerie – valeur de calcul : $f_d$

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_m}$$

où

$f_d$  résistance de calcul à la compression de la maçonnerie, en  $N/mm^2$

$f_k$  résistance caractéristique à la compression de la maçonnerie, en  $N/mm^2$

$\gamma_m$  coefficient de matériau (coefficient de sécurité)

Le tableau du § 2.4.3 de l'annexe nationale ANB EN 1996-1-1 reprend les valeurs pour  $\gamma_m$ . Ce tableau opère une distinction selon la nature et le degré de contrôle des produits et de la mise en oeuvre sur chantier.

Pour le contrôle d'exécution, on distingue

Contrôle standard > classe d'exécution N (normal)

Bureau de contrôle externe > classe d'exécution S (spécial) ; la surveillance normale est étendue à un contrôle régulier et fréquent par du personnel qualifié indépendant de l'entreprise qui exécute les travaux.

### Vérification selon la méthode simplifiée de NBN EN 1996-3

On vérifie à l'état-limite ultime :

$$N_{Ed} \leq N_{Rd} = \Phi \cdot A \cdot f_d$$

où

$N_{Ed}$  valeur de calcul de la charge verticale

$N_{Rd}$  valeur de calcul de la résistance aux charges verticales

$\Phi$  facteur de réduction tenant compte de l'élanement et de l'excentricité

$A$  section horizontale brute chargée d'un mur

$f_d$  résistance de calcul à la compression de la maçonnerie, en  $N/mm^2$

Tableau 3.8 ANB NBN EN 1996-3

Eléments de maçonnerie K		Mortier d'usage courant			Mortier-colle (joint d'assise $\geq 0.5mm$ et $\leq 3mm$ )		
		$\alpha$	$\beta$	K	$\alpha$	$\beta$	
Terre cuite	groupe 1	0.50	0.65	0.25	-	-	-
	groupe 2	0.50 x ( $\delta$ )-0.65	0.65	0.25	0.50 x ( $\delta$ )-0.80	0.80	0
	groupe 3	0.40 x ( $\delta$ )-0.65	0.65	0.25	0.40 x ( $\delta$ )-0.80	0.80	0

Ces facteurs sont définis au niveau national et peuvent donc être différents dans les Etats-Membres européens.

Tableau 1 ANB NBN EN 1996-1-1

Matériau		$\gamma_m$	
		CLASSE	
Code	Maçonnerie constituée de :	S	N
A	Eléments de catégorie I avec certification produit Mortier performant avec certification produit	2,0	2,5
B	Eléments de catégorie I Tout mortier	2,3	2,8
C	Eléments de catégorie II (*) Tout mortier	3,0	3,5

(\*) si une garantie peut être donnée quant au fait que le coefficient de variation de la résistance à la compression de l'élément ne dépasse pas 25%, les valeurs à assigner à  $\gamma_m$  sont respectivement 2,5 et 3,0 pour les classes S et N.

Les charges verticales qui interviennent sont déterminées à l'état-limite ultime. Les charges sont multipliées avec un facteur de charge (coefficient de sécurité). Ce facteur atteint 1,35 pour les charges fixes et 1,5 pour les charges mobiles.

Notre site internet [www.brique.be](http://www.brique.be) mettra prochainement un module de calcul à disposition afin de réaliser aisément cette vérification. L'article technique du prochain numéro de la revue détaillera l'utilisation de ce module.